



www.raakvlak.be

ARCHEOLOGISCH VOORONDERZOEK A11:
DEEL III LANDSCHAPPELIJK BOORONDERZOEK

DIETER VERWERFT
GRIET LAMBRECHT
JARI HINSCH MIKKELSEN
STEFAN DECRAEMER
BIEKE HILLEWAERT

Titel:

Landschappelijk booronderzoek A11 (Brugge-Knokke-Damme)

Opdrachtgever:

Agentschap Wegen en Verkeer (AWV)

Periode:

December 2010 - juli 2011

Rapportnummer:

2013/006

Auteurs:

Dieter Verwerft, Griet Lambrecht, Jari Hinsch Mikkelsen, Stefan Decraemer en Bieke Hillewaert

Raakvlak:

Komvest 45

8000 Brugge

T +32 [0]50 44 50 44

F +32 [0]50 61 63 67

E info@raakvlak.be

www.raakvlak.be

Veldmedewerkers:

Miguel Besbrugge, Jasper Billemont, Thomas Lajos Lagauw, Régy Poppe, Dwight Vandenberghe, Jorgen Van de Walle, Mieke Van Eenoo, Serge Van Liefferinge, Gerben Verbrugghe en Maritsa Verstraete

Technische ondersteuning:

Nico Inslegers

Met de medewerking van:

Cecile Baeteman (Koninklijk Instituut voor Natuurwetenschappen), Machteld Bats (UGent), Kristof Dombrecht (UGent), Philippe Crombé (UGent), Wim De Clercq (UGent), John Mulder (BAAC), Hilde Roels (VLM), Bjorn Vanbillemont (VLM) en Tom Vermeersch (provincie West-Vlaanderen)

1.	Inleiding	3
1.1.	Geografische afbakening	4
1.2.	Methodologie	5
1.3.	Veldwerk.....	5
2.	Typevoorbeelden bodems en horizonten	7
2.1.	Pleistocene dekzanden.....	7
2.1.1.	Moerasbodems.....	9
2.1.2.	Grondwaterpodzolen	9
2.1.3.	Humus- en humusijzerpodzolen.....	10
2.1.4.	Bruine bodems en bosbodems.....	10
2.1.5.	Archeologisch/bodemkundig belang van de dekzandgronden.....	11
2.2.	Organische bodems (veen).....	12
2.2.1.	Archeobodemkundig belang van het veen	12
2.3.	Mariene afzettingen	14
3.	Resultaten.....	15
3.1.	Zones 1 en 3a.....	15
3.2.	Zone 2	17
3.3.	Zone 3b.....	18
4.	Aanbevelingen	19
5.	Conclusie.....	19
6.	Bibliografie	20
7.	Bijlagen	21

1. Inleiding

Vanaf december 2010 start Raakvlak een grootschalig boor- en proefonderzoek op het traject van de nieuwe snelwegverbinding tussen Westkapelle, Zeebrugge en Knokke-Heist. De zogenaamde geulenkaart (zie *bijlage 1*), opgesteld gedurende het bureauonderzoek, wordt als leidraad gebruikt om een groot deel van het tracé dat voornamelijk bestaat uit zandige geulsedimenten met proefsleuven te onderzoeken. In de overige zones die opgebouwd zijn uit veen- en mariene kleisedimenten wordt het paleolandschap in kaart gebracht aan de hand van 711 boringen. Het einddoel van dit vooronderzoek is het opstellen van een paleo-landschappelijke kaart als hulpmiddel bij het verdere archeologische vooronderzoek.



Figuur 1: Sfeeropname tijdens het booronderzoek

In totaal worden 4 brede zones geïsoleerd om landschappelijk te karteren. Tijdens het onderzoek laten de archeologen zich bijstaan door twee bodemkundigen, teneinde dit complexe landschap in al zijn facetten te vatten. De boorcampagne onthult een door geulen doorsneden en intensief gemoernd landschap. Het oppervlak van het pleistocene zand ligt tussen 2 en -2m TAW.

Het onderzoek verloopt in nauwe samenwerking met de opdrachtgever het Agentschap Wegen en Verkeer (AWV), de provincie West-Vlaanderen en de Vlaamse Landmaatschappij (VLM). Het veldwerk en de verwerking duren van december 2010 tot juli 2011.



Figuur 2: Sfeeropname van het typische polderlandschap langs het traject van de A11

1.1. **Geografische afbakening**

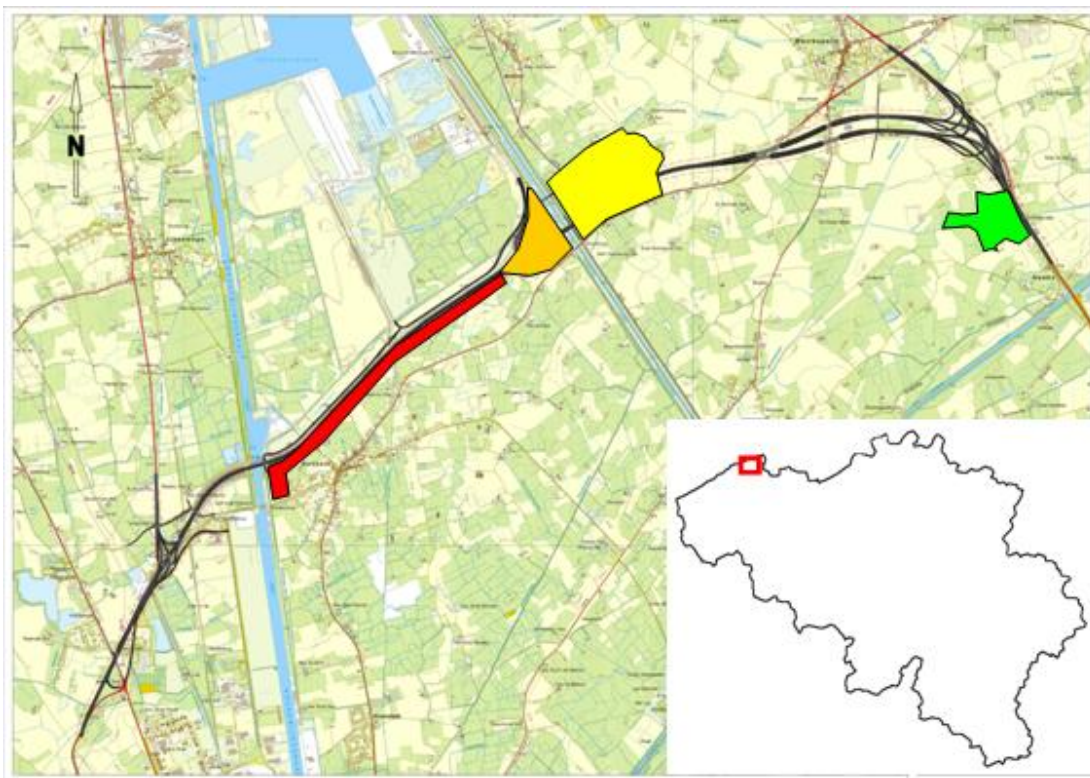
Zoals hierboven vermeld worden tijdens dit onderzoek 4 zones afgebakend (zie *figuur 3*). Om het complexe landschap te karteren is het onderzochte areaal veel breder dan het uiteindelijke projectgebied. De verschillende zones zijn:

Zone 1 (geel): De grootste zone ligt ten oosten van Leopoldkanaal, tussen Ramskapelle, de Westkapelse Steenweg en de Fonteinestraat. Deze zone is relatief breed onderzocht aangezien de autosnelweg in een nieuwe bedding dwars door de zone wordt aangelegd.

Zone 2 (groen): De tweede zone bevindt zich ten noorden van Hoeke. Hier is een brede zone rond de Hoekevaart, ten westen van de Natiënlaan weerhouden voor onderzoek.

Zone 3a (oranje): De derde zone is om praktische redenen in twee verdeeld. Het eerste deel ligt ten westen van het Leopoldskanaal, tussen de Havenrandweg Zuid, de Westkapelse steenweg en de spoorwegbedding.

Zone 3b (rood): De laatste zone is een 3,5 km lange, relatief smalle zone gelegen naast de bestaande Havenrandweg-Zuid (N348).



Figuur 3: Aanduiding van de verschillende zones op de topografische kaart

1.2. Methodologie

Voor de landschappelijke boringen wordt een grid van bij benadering 50x50 m uitgezet (waarvan x-, y- en z-coördinaten zijn gekend) met een handheld GPS (Garmin Dakota 20), die elk punt voorziet van een uniek locatienummer. De veldregistratie gebeurt stratigrafisch op standaard boorformulieren. In de boorstaten worden volgende gegevens per laag genoteerd: diepte, grens, kleur, vlekken, textuur, gelaagdheid, inclusies en vochtigheid. De boorformulieren zijn gebaseerd op veldrichtlijnen voor boorcampagnes gericht op schor- en slikgebieden en kleilige estuariumafzettingen (Mikkelsen, 2009) en de internationale Field Guidelines for Soil Description (FAO, 2006).

De eerste 1 à 2 m worden geboord met een Edelman met een diameter van 5 of 7 cm, dieper wordt een guts met een diameter van 2 of 3 cm gebruikt. Het opgeboorde sediment wordt in stratigrafische volgorde uitgestald op een plastic zeil en gefotografeerd. Alle horizonten worden met behulp van zoutzuur (10% HCl) getest op de aan- of afwezigheid van kalk. Tenslotte wordt van elke boring de landschappelijke context gefotografeerd.

Elke boring bemonstert, indien mogelijk, 30 cm pleistoceen zand. In zandige geulsedimenten, die de top van het pleistoceen zand hebben uitgeschuurd, wordt 2 tot 3 m diep geboord. Er wordt nooit dieper dan 5 m geboord.

De bodemlithologie in het projectgebied bestaat uit een pleistoceen golvend zandig landschap met veenvorming op de nattere stukken. Later werd het veen plaatselijk afgedekt met 100 tot 150 cm mariene klei. De belangrijkste lithologische grenzen zijn de oppervlakte van het pleistocene zand enerzijds en de grens tussen veen en klei anderzijds. De locatie en oriëntatie van de boorraaien is hieraan aangepast: loodrecht op de vermoedelijke paleogeulen.

1.3. Veldwerk

De boorcampagne vond plaats in de periode december 2010 tot maart 2011. Het natte en koude winterweer speelde het veldteam meermaals parten. Het te boren terrein bestaat uit permanent of tijdelijk zeer natte weiden en akkers, al dan niet geploegd in de herfst.

Tijdens deze fase van het onderzoek zijn **712** boringen uitgevoerd. Hiervan zijn 232 boringen uitgezet in zone 1, 211 in zone 2, 109 in zone 3a en 160 in zone 3b (*zie bijlage 2 tot 4*). In **495** boringen is het pleistoceen zand bereikt, **174** boringen zijn geregistreerd als zandige geulsedimenten en in **43** gevallen werden de boringen gestaakt vanwege de hoge watertafel. De diepte van het pleistoceen zand ligt 55 tot 460 cm onder het maaiveld, met een gemiddelde diepte van 243 cm. De TAW-hoogte van het pleistocene zandoppervlak varieert tussen 2,7 tot -2,1 m, met een gemiddelde hoogte van 0,58 m.

De transecten liggen zoals gezegd loodrecht op de te verwachten paleogeulen, met een tussenafstand van 50 tot 60 m. De individuele boringen op de transecten worden ofwel bepaald door zichtbare landschapselementen ofwel met een tussenafstand van 50 m. Op deze manier wordt het beoogde grid van 50 x 50 m benaderd.



Figuur 4: Elke boring wordt in stratigrafische volgorde op een plastic zeil gelegd en gefotografeerd



Figuur 5: Er wordt telkens een foto genomen van de landschappelijke context

2. Typevoorbeelden bodems en horizonten

Bij het uitvoeren van de landschappelijke bodemkartering wordt een reeks bodemtypes waargenomen. De variatie bestaat uit de aanwezigheid van één of meerdere sedimenttypes, de dikte van de horizonten en de overgangen tussen twee sedimenttypes. Deze aspecten zijn bepaald door natuurlijke erosie- en sedimentatieprocessen, bodemgenese en de menselijke invloed.

De bodemtypes worden hier besproken in functie van de belangrijkste lithologische grenzen. Deze zijn respectievelijk: het pleistoceen zand, het veen (of de organische bodems) en de mariene afzettingen.

2.1. Pleistocene dekzanden

In 495 boringen is het pleistoceen zand bereikt. Dit zand vertoont bovenaan meestal een bruine kleur. Dit verandert relatief snel in grijze kleuren. Het zand is in bijna alle boringen ontkalkt. Deze parameter kan als hulpmiddel gebruikt worden om het pleistoceen zand van de kalkhoudende zandige geulsedimenten te onderscheiden. In het pleistocene zand kunnen verschillende bodemtypes onderscheiden worden (*zie tabel 1*). De ontwikkeling van de begraven bodems is gebeurd onder invloed van de vochtigheid en bodemkundige processen zoals ontkalking en podzolizatie.

Op de natste locaties is er zo goed als geen bodemontwikkeling gebeurd in het pleistocene zand. Het veen is meteen beginnen groeien. Mogelijk gaat het hier om waterplassen die stelselmatig dichtgroeien. Het dekzand heeft soms wel een beetje kleur gekregen door inspoeling van humus. Dergelijke bodems ontwikkelen een H-C profiel. Hoewel ontkalking de regel is, zijn er een handvol boringen gelokaliseerd in deze of in het volgende bodemtype (de moerasbodems) waarin het zand nog steeds kalkrijk is. Hierdoor is het sediment witgrijs van kleur. Misschien gaat het om lokale zones waarin de uitgespoelde kalk van de omliggende dekzanden is geprecipiteerd: een soort kalkmoeras.

Tabel 1: De verschillende bodemtypes in de pleistocene dekzanden

Benaming	Originele drainageklasse	Voorbeeld(en) horizontsequentie	Omschrijving
Geulbodem	-	A/B/C/Cr A/B(g)/Cg/Cr	Het pleistocene zand is door (geul)erosie niet bereikt tot een diepte van 5 m onder het maaiveld.
Veenbodem	Zeer tot uiterst nat	H/Cr	Geen oppervlaktehorizont ontwikkeld in het pleistocene dekzand maar direct veengroei. Dit betreft dus de initiële veengroei zones.
Moerasbodem	Nat tot zeer nat	H/A/Cr (H)/A/Cr	De bodem ligt in een kompositie of op de lager gelegen hellingen van het Pleistocene dekzand. Kenmerkend is een hoge

			<p>grondwatertafel waardoor zich een moerasbodem kan ontwikkelen die uiteindelijk overgaat in veengroei. Geen of nauwelijks sporen van podzolisatie.</p> <p>Lokaal is het pleistocene zand nog steeds kalkrijk (originele komgronden).</p>
Bosbodem	Droog tot matig nat	O/A/Bw/C	Een strooisellaag is bovenop de zandige bodem afgezet. Dit bodemtype kan moeilijk onderscheiden worden van moerasbodems.
Bruine bodems	Droog tot matig nat	A/Bw/C	Onder de begraven oppervlaktehorizont is een bruine B-horizont ontwikkeld, grotendeels door accumulatie van humus. Er zijn geen sporen van podzolisatie.
Grondwaterpodzol	Matig nat tot nat	A/(E)/Bh/ C/Cr A/(E)/Bh/ Bg/C/Cr	Bodem met zwakke podzolisatie. Humus wordt uit de A-horizont gespoeld en accumuleert in de Bh horizon. Zout en peper-patroon (witte en zwarte korrels) in beperkte mate zichtbaar (nauwelijks of geen zichtbare E horizon ontwikkeld). Roestvlekken kunnen voorkomen.
Humuspodzol	Zeer droog tot matig nat	A/E/Bh/C	Podzol met een uitspoelingshorizont die een lichtgrijze tot witgrijze kleur heeft. Humusinspoeling in de onderliggende horizon.
Humus-ijzer podzol	Zeer droog tot matig nat	A/E/Bh/Bs /C A/E/Bh/Bh s/C A/E/Bh/Bh s/Bs/C	Zoals de humuspodzol, maar onder de Bh of in de onderste helft van de Bh (dus een Bhs) is de bodem aangerijkt met ijzer in de vorm van sesquioxides ¹ .
Eolische (sedimentatie) bodem	Zeer droog tot droog	-	De A horizon is abnormaal dik door aanvoer van stuifzand. Dit type komt voor in combinatie met de ander bodemtypes.

¹ Oxide die 3 zuurstofatomen bevat en 2 andere atomen (of radicalen) meestal metalen (bijvoorbeeld Fe₂O₃).

2.1.1. Moerasbodems

Het volgende bodemtype is iets droger dan de H/Cr-bodems (fig. 6). Dit bodemtype kent nog steeds periodes met overstroming, maar in de zomermaanden is het iets droger, waardoor humus (gedeeltelijk) wordt omgezet. In eerste instantie kent dit bodemtype geen veen. Pas na de algemene vernatting van de regio zet de veengroei zich hier in. In dergelijke gevallen kan men spreken van een H/A/Cr bodem.



Figuur 6: Voorbeeld van een moerasbodem (foto R. Langohr)

2.1.2. Grondwaterpodzolen

Op hoger gelegen plaatsen - waar bodems matig nat zijn - kan men grondwaterpodzolen waarnemen. Dit bodemtype wordt gekenmerkt door een hoge grondwatertafel. Dit beperkt de podzolisatie in de diepte. IJzer is doorgaans uitgespoeld door de bewegingen van het grondwater (Langohr, 2011). Op lager gelegen locaties kan het ijzer neerslaan als moerasijzer of wordt het ijzer met de beken en rivieren weggevoerd. De horizontsequentie bestaat uit een zwarte A-horizont, die vrij humusrijk is, en bovenaan kan overgaan in een H-horizont. Hieronder ligt er eventueel een E-horizont, ook wel een uitlogingshorizont genoemd. De kleur ervan kan variëren van wit tot lichtgrijs of muisgrijs. De kleurgradiënt reflecteert mogelijk de locatie binnen de drainagegradiënt: de E-horizont is zwak ontwikkeld of ontbreekt op de natste locaties, terwijl de beter ontwikkelde E-horizonten zich eerder op de drogere locaties bevinden, in de richting van de humuspodzolen.

2.1.3. Humus- en humusijzerpodzolen

Op de drogere gronden vindt men de humuspodzolen en de humusijzerpodzolen. IJzerpodzolen kunnen in principe aanwezig zijn, maar tot op heden konden ze niet gelokaliseerd worden. De humuspodzolen onderscheiden zich van de grondwaterpodzolen doordat de horizonten, voornamelijk de uitlogingshorizont, meer uitgesproken zijn. De grenzen tussen de horizonten worden ook scherper. In de best bewaarde boringen vindt men bovenaan de strooisellaag of de O-horizont terug. Dit betreft een organische horizont, afgezet onder droge condities, bijvoorbeeld op een heide of onder een bos. Door de lage pH-waarde is er weinig bodemfauna en wordt de humus omgezet door geleedpotigen of fungi. De grens met de minerale bodem is vrij scherp: tot enkele millimeters dik. De A-horizont is donkergrijs tot zwart. De E-horizont is eerder lichtgrijs dan wit. Hieronder begint de Bh horizont, gevormd door translocatie van humus uit de oppervlaktehorizonten. De intensiteit van de kleur weerspiegelt de humusconcentratie. De intensiteit vermindert snel naargelang de diepte.

Bij dit onderzoek was een onderscheid tussen humuspodzolen en humusijzerpodzolen niet gemakkelijk te maken. De drogere dekzandgronden zijn immers zeer compact en niet gemakkelijk aan te boren. Hierdoor werd vaak enkel de A-E-en de Bh-horizont bereikt. Hierdoor kan men niet vaststellen of er ook een Bhs of een Bs horizont aanwezig was. Door de boringen waar dit wel lukt, is duidelijk dat de humusijzerpodzolen wel degelijk deel uitmaakten van het begraven pleistocene bodemlandschap.



Figuur 7: Verschillende mircarthropoda (geleedpotigen) (Macromite)

2.1.4. Bruine bodems en bosbodems

In een aantal boringen, voornamelijk geconcentreerd in zone 3a zijn bruine bodems herkend. Onder invloed van een betere nutriëntenbalans en een hogere pH zijn deze bodems nog niet onder invloed van een podzolisatieproces geweest. Dit gaat gepaard met een stabiele vegetatie, bijvoorbeeld een bos of een struikvegetatie. Dit kan dan op zijn beurt verklaren waarom de bruine bodems regelmatig een dikke humusrijke A-horizont of soms een dunne strooisellaag bevatten. De bruine B-horizont is bovenaan soms donker door de accumulatie van humus. Wanneer de humusconcentratie de bruine kleur overschaduw, wordt de bodem als een bosbodem geklasseerd. Morfologisch leunen de bruine bodems sterk aan bij de bosbodems, met een geleidelijke overgang tussen de twee. Ze worden in dit onderzoek samen beschouwd.



Figuur 8: Een voorbeeld van een bruine bodem (boring D016)

2.1.5. Archeobodemkundig belang van de dekzandgronden

Elk bodemtype geeft een ander drainagetype weer. Dit is belangrijk voor het onderzoek naar prehistorische resten: de nederzettingen bevinden zich eerder op drogere gronden. De originele drainage is een belangrijke parameter bij het bepalen van het archeologische potentieel van een bepaald gebied (zie tabel 2). Ook de overgangszone tussen de natte en de droge gronden is belangrijk: hier kunnen losse vondstconcentraties aangetroffen worden.

Tabel 2: Link tussen de drainage en het bodemtype in het begraven pleistoceen dekzand

Uiterst nat	Zeer nat	Nat	Matig nat tot droog
Veenbodems	Moerasbodems	Grondwaterpodzolen	Humus- en humusijzer-podzolen
		Bruine bodems en bosbodems	

Het verschil tussen podzolen en bruine bodems schuilt niet zozeer in de drainageklasse, maar eerder in de stabiliteit van het ecosysteem. De ontkalkte dekzanden bestaan voornamelijk uit kwarts met weinig verweerbare mineralen. De nutriënten bevinden zich voornamelijk in de humusfractie. Bij oude landbouwtradities, waar weinig of niet bemest wordt en het evenwicht van de nutriënten verstoord wordt, kan men verwachten dat de bodems degraderen van bruine bodems of bosbodems tot podzolen. De kans om een nederzetting te lokaliseren is hoger op plaatsen waar podzolen domineren dan op plaatsen waar het bodemlandschap voornamelijk gedomineerd wordt door bruine bodems.

2.2. Organische bodems (veen)

Zoals blijkt uit het bureauonderzoek heeft deze regio vanaf 9500 jaar geleden (in het Atlanticum) een vernatting gekend waardoor het veen lokaal sterk is uitgebreid. Hierdoor raken delen van de dekzandgronden in de kustvlakte begraven onder een organische bodem. Op de hoogst gelegen plaatsen zijn een aantal bodems gevonden waar er zich - ondanks de vernatting - geen veen gevormd heeft.

Er zijn bodemhorizonten die der mate met humus zijn aangerijkt, dat ze als organische horizonten worden beschouwd. Gewoonlijk wordt een horizont als organisch geklasseerd als er ongeveer 30% (gewichtsperscentage) of meer organisch materiaal aanwezig is (IUSS, 2007). Behalve in de geulgebieden - waar het veen is weggespoeld - vindt men in de meerderheid van de boringen een vorm van organische horizont of bodem. Wanneer de humus is afgezet als gevolg van een slechte drainage spreekt men over veen. Wanneer de humusaccumulatie eerder het resultaat is van een trage omzet in een droog tot matig nat milieu, spreekt men over een strooisellaag. Bij bodemclassificatie wordt de grens tussen natte en droge humustypes arbitrair bepaald. Zo zijn de natte types ten minste 30 opeenvolgende dagen per jaar overstroomd, terwijl de droge types minder dan 30 opeenvolgende dagen per jaar onder water staan. Dit is uiteraard een definitie die bij deze studie niet toepasbaar is. In plaats daarvan wordt het onderscheid gemaakt aan de hand van een expertenbeoordeling, waarbij de opeenvolging, de samenstelling en de omzettingsgraad van de bodemhorizonten belangrijke parameters zijn.

Bij de interpretatie van de organische lagen worden voornamelijk twee aspecten bekeken. Enerzijds wordt de kleur en het al dan niet aanwezig zijn van houtige fragmenten genoteerd. Anderzijds wordt aandacht besteed aan de overgangen tussen pleistocene zand en veen en tussen veen en mariene klei.

De kleur van het veen is belangrijk. Zwart veen is normaal gezien goed verteerd (Zanella, 2011a en 2011b). Wat overblijft, is een zwarte massa zonder herkenbare organische fragmenten. Dit wordt ook aangeduid met de term 'sapric'. In bruin veen is het organische materiaal maar gedeeltelijk verteerd. Hiernaar wordt verwezen met de term 'hemic'. Indien er praktisch geen vertering is gebeurd, wordt de veenlaag 'fibric' genoemd. Een variant op het bruine veen is broekveen, gekarakteriseerd door houtige fragmenten. Waar het hout afkomstig is van els, krijgt het veen een karakteristieke bordeauxrode kleur.

2.2.1. Archeobodemkundig belang van het veen

Het regionale veenlandschap kan voornamelijk sporen uit de ijzertijd of de Romeinse tijd herbergen. Om het archeologische potentieel te kwantificeren, moet men rekening houden met volgende elementen:

- Heeft de bodem veengroei gekend of lag deze plaats te hoog in het landschap? In het tweede geval zijn het dus zones met vaste grond in een landschap dat voornamelijk uit organische bodems bestond. Deze zandgronden hebben een hoog potentieel, niet alleen voor prehistorische vondsten maar ook voor sporen uit de ijzertijd en de Romeinse tijd.

- Is het veenoppervlak bewaard gebleven? In dat geval is er een reële kans voor artefacten daterend uit de ijzertijd of Romeinse periode.
- Is het veen ontgonnen? In dat geval - en indien mogelijk - moet er een onderscheid gemaakt worden tussen volledige of gedeeltelijke ontginningen en tussen ontginningen uit de ijzertijd, de Romeinse tijd of later. Hier is eveneens een reële kans op artefacten maar ze zijn niet langer in situ bewaard door de vergravingen.
- Is het veen gedeeltelijk geërodeerd? In dergelijke gevallen verwacht men geen artefacten, aangezien het originele loopvlak door eb en vloed is weggespoeld (zie tabel 3).

Tabel 3: De gelaagdheid van de veengronden

Benaming	Omschrijving
laagveen	zwarte veraarde veenlaag
hoogveen	gekaracteriseerd door veenmos (<i>Sphagnum</i>) en wollegras (<i>Eriophorum vaginatum</i>)
bruin veen	de zwarte veenlaag gaat stelselmatig over in bruin veen, gewoonlijk zonder houtstukken
broekveen	boven een zwarte veenlaag komen houtresten voor, voornamelijk van els
ontgonnen veen	het veen is gedeeltelijk of volledig ontgonnen.



Figuur 9: Een voorbeeld van hoogveen met actieve veenvorming: rechts onderaan Ericaceae (heideachtigen) en verspreid Pinus sylvestris (grove den)

2.3. Mariene afzettingen

De mariene klei is bodemkundig gezien een relatief jonge afzetting. Hierdoor is het sediment grotendeels kalkrijk en is er weinig bodemgenese gebeurd. Een onderscheid maken tussen horizonten aan de hand van boringen is een delicate klus. De voornaamste criteria zijn kleurverschillen, het al dan niet aanwezig zijn van oxidoreductie vlekken (of verschil in intensiteit hiervan) en textuur. De boringen worden gecontroleerd op sporen van menselijke activiteit en op stabilisatiehorizonten. De menselijke invloed op de bodem betreft voornamelijk vergravingen, bijvoorbeeld veenontginningen, kleiontginningen, drainagegrachten of ophogingen om een betere drainage te bewerkstelligen. Stabilisatiehorizonten reflecteren een pauze in het sedimentatieproces, waarin een vegetatie is beginnen groeien (schor) en er zich humus heeft kunnen accumuleren. Het is uiteraard belangrijk een onderscheid te maken tussen stabilisatiehorizonten en sedimentatielagen die aangerijkt zijn met humus. Er zijn een aantal morfologische kenmerken die kunnen helpen dit onderscheid te maken, zoals sporen van wortels en de morfologie en scherpte van de horizontgrens. De horizonten die konden onderscheiden worden in de mariene sedimenten zijn opgelijst in tabel 4.

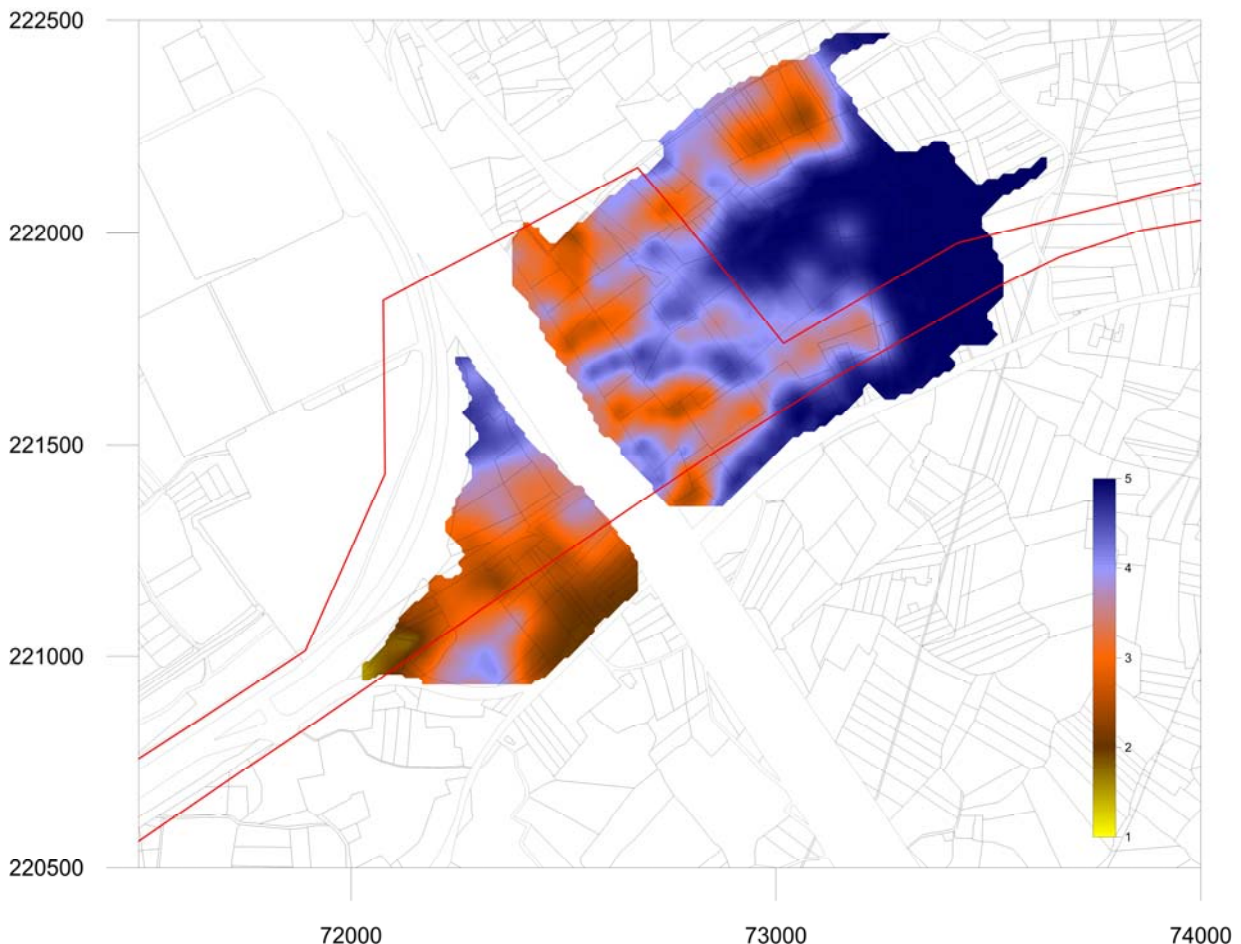
Tabel 4: De gelaagdheid van de mariene afzettingen

Benaming	Symbool	Omschrijving
bewerkingslaag	Ap	huidige of begraven oppervlaktehorizonten waarin humusaccumulatie evident is, en waar de ondergrens vrij scherp is door de bewerking met een ploeg
stabilisatiehorizont	bA	begraven oppervlaktehorizont; het niveau van humusaccumulatie is bepaald door de duur van de stabilisatie en de hieraan gepaarde vegetatiegroei; er zijn per definitie geen bewerkingsporen.
subbodem	B; Bbi; Bg	voldoende bodemgenese zodat het sediment de transformatie tot bodem heeft volbracht; ontkalking, humusaccumulatie, bioturbatie en oxidoreductie zijn de voornaamste bodemprocessen die geobserveerd werden
moedermateriaal	C; Cg; Cr	geen of weinig sporen van bodemgenese; doorgaans kalkrijke sedimenten, al dan niet met oxidoreductie vlekken of compleet gereduceerde kleur; stratificatie kan in principe voorkomen, maar door het uniforme kleiige sediment wordt dit in praktijk weinig geobserveerd.
verstoorde klei	Cr+H	Restanten van veenontginning (klei en veenbrokken)
geulsediment	C; Cr	moedermateriaal dat eerder uit zandig of lemig materiaal bestaat; wordt dikwijls waargenomen met een zeer mooie gelaagdheid van zand en organisch materiaal; het organische materiaal is geërodeerd weinig materiaal; soms is de gelaagdheid te zien door een verschil in textuur; aanwezigheid van kalk is karakteristiek voor een geulsediment

3. Resultaten

3.1. Zones 1 en 3a

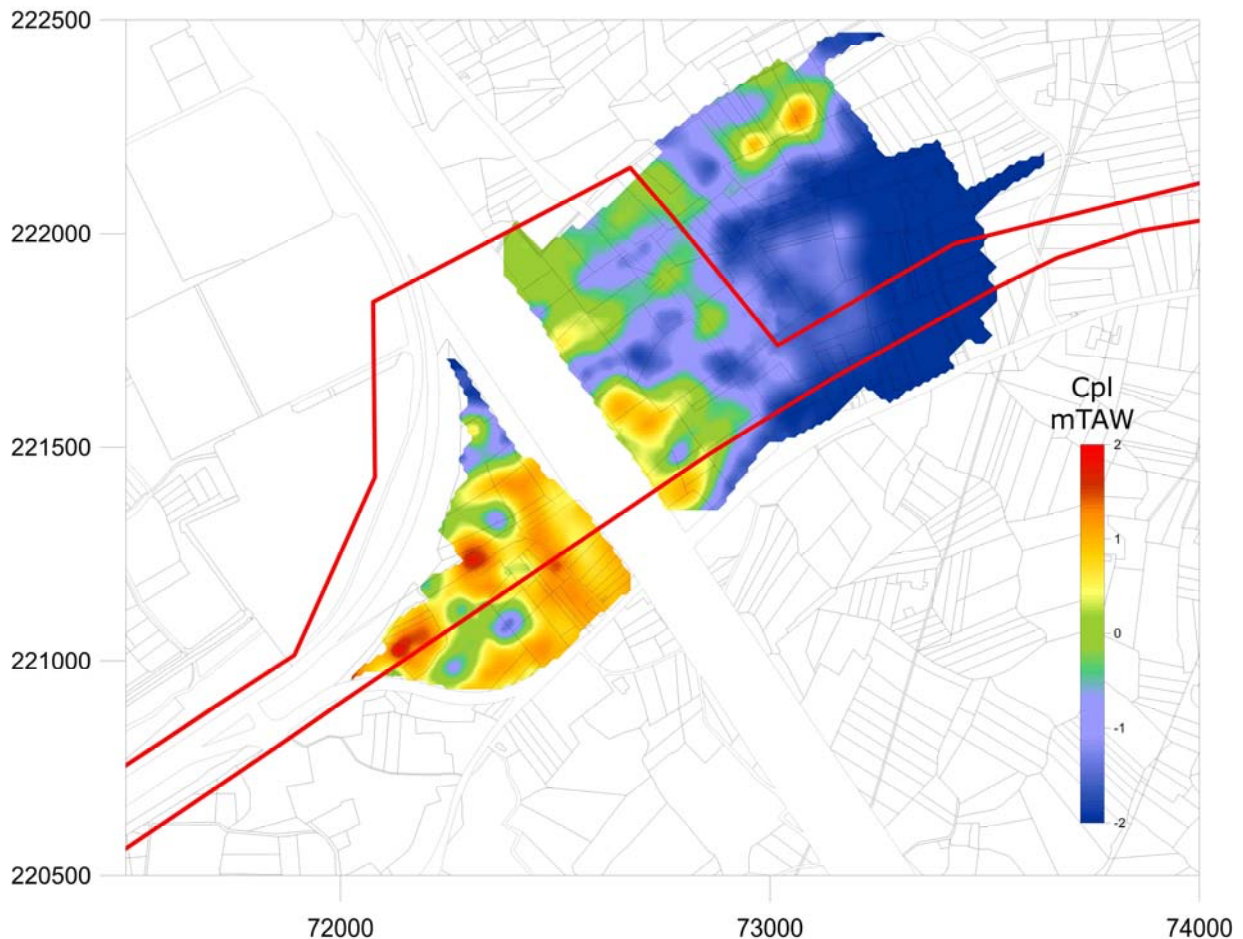
Aan de hand van de 711 boringen zijn enkele kaartjes opgesteld. De eerste serie kaarten geeft de interpretatie van de sedimenten onder de mariene klei weer. Deze sedimenten worden in 5 categorieën ingedeeld: geul (blauw), rand van een geul (lichtblauw), gemoerneed/uitgeveend (oranje), bewaarde veensequentie (bruin) en zandige opduiking (geel). Op de andere kaarten zien we het verloop van het pleistocene zandoppervlak (zie figuur 6 en bijlage 5).



Figuur 10: Interpretatie van de boringen in zones 1 en 3a

Zone 1 ligt duidelijk op de rand van de grote geul die over Ramskapelle naar Koolkerke loopt. Vanuit deze geul vertakken zich enkele kleinere geulen in zuidwestelijke richting. Dit stemt overeen met de verwachting die gecreëerd werd door de geulenkaart. De plaatsen tussen de geulen kenmerken zich door intensieve moertering (oranje) en slechts sporadisch *in situ* bewaarde veenprofielen (bruin). De Centraal Archeologische Inventaris vermeldt de oudste archeologische, Romeinse sporen in het projectgebied op de plaatsen met bewaarde veenprofielen. De latere, middeleeuwse bewoning situeert zich boven de verlande geulen.

In zone 3a is het pleistocene zandlandschap veel beter bewaard. Het noorden van de zone kan moeilijk onderzocht worden door de aanwezigheid van dikke ophogingspakketten, gerelateerd aan de ontwikkeling van de Brugse achterhaven. In de rest van de zone zien we dat het veen slechts gedeeltelijke gemoerneerd is. Op verschillende plaatsen herkennen we intacte veensequenties. Bovenop het veen bevinden zich stabilisatiehorizonten in de mariene klei. In het zuidoosten ligt een zandige opduiking.



Figuur 11: TAW-hoogtekaart van het pleistoceen zand in de zones 1 en 3a

Op de pleistocene hoogtekaart (zie figuur 7) herkennen we duidelijk de zandige opduiking in het zuidoosten. De opduiking bestaat uit twee toppen, gescheiden door een paleogeul. De opduiking ligt aan de rand van een goed bewaard pleistoceen zandlandschap met een vrij vlak verloop. De TAW-hoogte van het zand schommelt tussen 0,5 en 2 m.

De paleogeul die de zandige opduiking doorsnijdt is opgevuld met veen. Dit dik veenpakket werd deels gemoerneerd. Ten oosten van de opduiking, waar het veen iets minder dik is, is het veen vaker *in situ* bewaard.

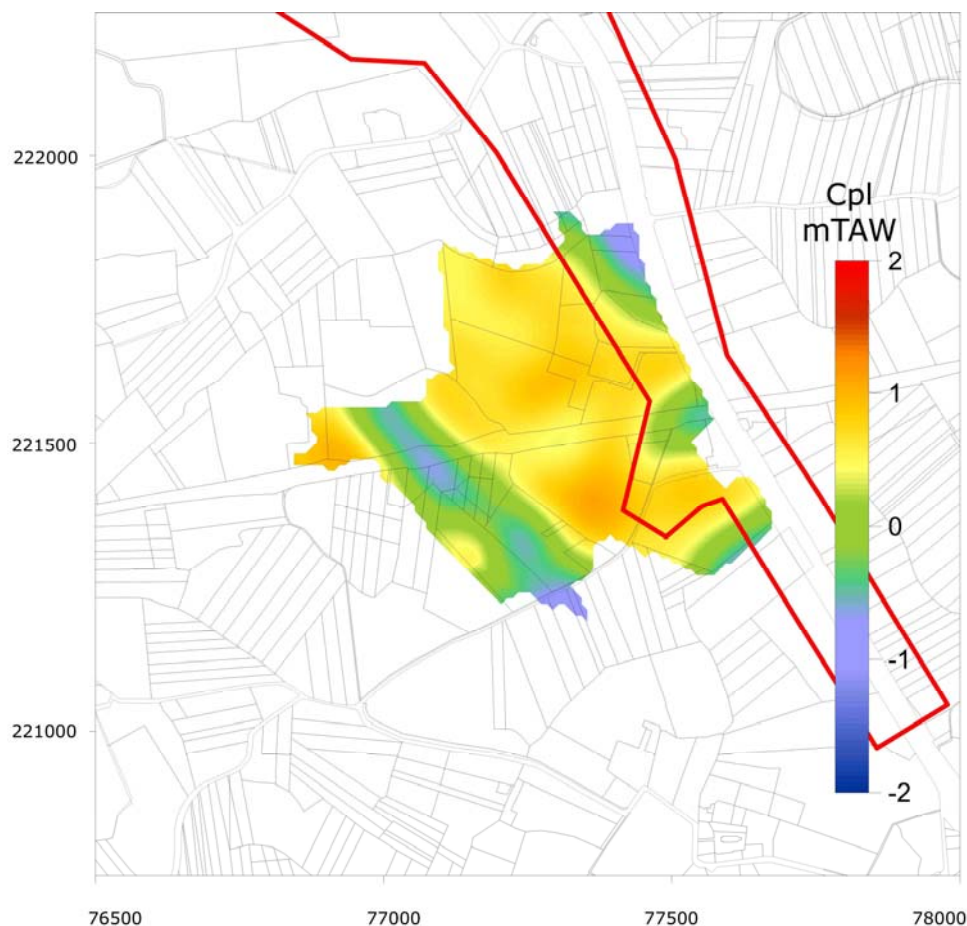
Door zone 3a lopen enkele kleinere, verzande geultjes. De precieze loop van deze waterlopen kan niet achterhaald worden op basis van dit boorgrid.

3.2. Zone 2

Uit de interpretatie van de landschappelijke boringen blijkt dat een geul het projectgebied in zuidoostelijke richting dwarst (zie *bijlage 5*). Deze heeft enkele kleinere vertakkingen, waarvan het verloop niet met zekerheid kon vastgelegd worden. Aan de hand van deze kaart lijkt de Hoekevaart geënt te zijn op een oude geul. Het is vooralsnog niet duidelijk of en waar deze geul aansluiting vindt met de eerst vermelde geul. Zowel in de noordoostelijke, als in de zuidoostelijke hoek werd een grote geul aangeboord. De eerste behoort tot het Zwingegeulstelsel en zou jonger zijn dan de rest van het projectgebied. De veenprofielen die niet door geulen uitgeschuurd zijn, zijn sterk gemoerneerd. Enkel langs de Hoekevaart en de Oude-Heernisstraat bevindt zich in situ bewaard veen.

Zone 2 kent eerder een vlakke, pleistocene oppervlakte, behalve op plaatsen waar de geulen het zand weggespoeld hebben (zie *figuur 8*). De hele zone schommelt rond 1 m TAW. De zone lijkt een nat milieu te zijn.

Slechts een klein, met geulen doorsneden deel van het onderzochte areaal valt binnen het uiteindelijke tracé.



Figuur 12: TAW-hoogtekaart van het pleistoceen zand in de zone 2

3.3. Zone 3b

De langwerpige zone 3b wordt door verschillende verzande geulen doorsneden. Op het traject herkennen we enkele pleistocene opduikingen. Veenontginning is prominent aanwezig tot de Zwaanhofstraat, die in noordwestelijke richting uit Dudzele vertrekt. De interpretatie van een lange smalle zone blijkt echter problematisch.

Het toekomstige traject van de snelweg ligt volledig op de bestaande bedding van de Havenrandweg-Zuid. De aangeboord zone is met andere woorden niet bedreigd.



Figuur 13: TAW-hoogtekaart van het pleistoceen zand in de zone 2

4. Aanbevelingen

Alle zones dienen met proefsleuven onderzocht te worden, op zoek naar archeologische sporen uit de middeleeuwen en later. In de zoektocht naar oudere sporen wordt een archeologisch booronderzoek aangeraden. De resultaten van dit landschappelijk onderzoek dienen daarbij als leidraad.

Zone 2 lijkt altijd een zeer nat milieu te zijn geweest. Bovendien valt een groot stuk van de aangeboorde zone buiten het traject van de snelweg. Zone 3b vertoont enkele zandige opduikingen, maar valt volledig buiten het toekomstig tracé. Zone 1 is sterk verstoord door verlande geulen enerzijds en intensieve veenontginning anderzijds.

Zowel het pleistocene zand als de veenafzettingen zijn goed bewaard in zone 3a. Deze zone wordt weerhouden voor een vervolgonderzoek. Tijdens dit onderzoek wordt een grid van 10 x 10 m uitgezet. Met een Edelmanboor met een diameter van 10 cm worden stalen genomen van de top van het *in situ* bewaarde veen en van de top van het pleistoceen zand. De monsters worden op respectievelijk 1 en 4 mm nat uitgezeefd op zoek naar antropogene resten (voornamelijk silex en aardewerk).

5. Conclusie

Tussen december 2010 en maart 2011 voerde Raakvlak een landschappelijk booronderzoek uit op het toekomstige tracé van de A11 snelwegverbinding tussen West-Kapelle, Knokke-Heist en Zeebrugge. Op basis van 711 boringen kan een het landschap in dit deel van de polders gereconstrueerd worden. De bodem varieert van verzande geulen tot met veen afgedekt pleistoceen zand.

Op basis van de boringen is een zone, tussen het Leopoldskanaal en de Havenrandweg-Zuid, weerhouden voor vervolgonderzoek in de vorm van een archeologisch booronderzoek.

6. **Bibliografie**

FAO, 2006: *Field Guidelines for Soil Description. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*, 97p

IUSS Working Group WRB 2007: World reference base for soil resources, *World Soil Resources Reports No. 103*. (Revised version), FAO, Rome

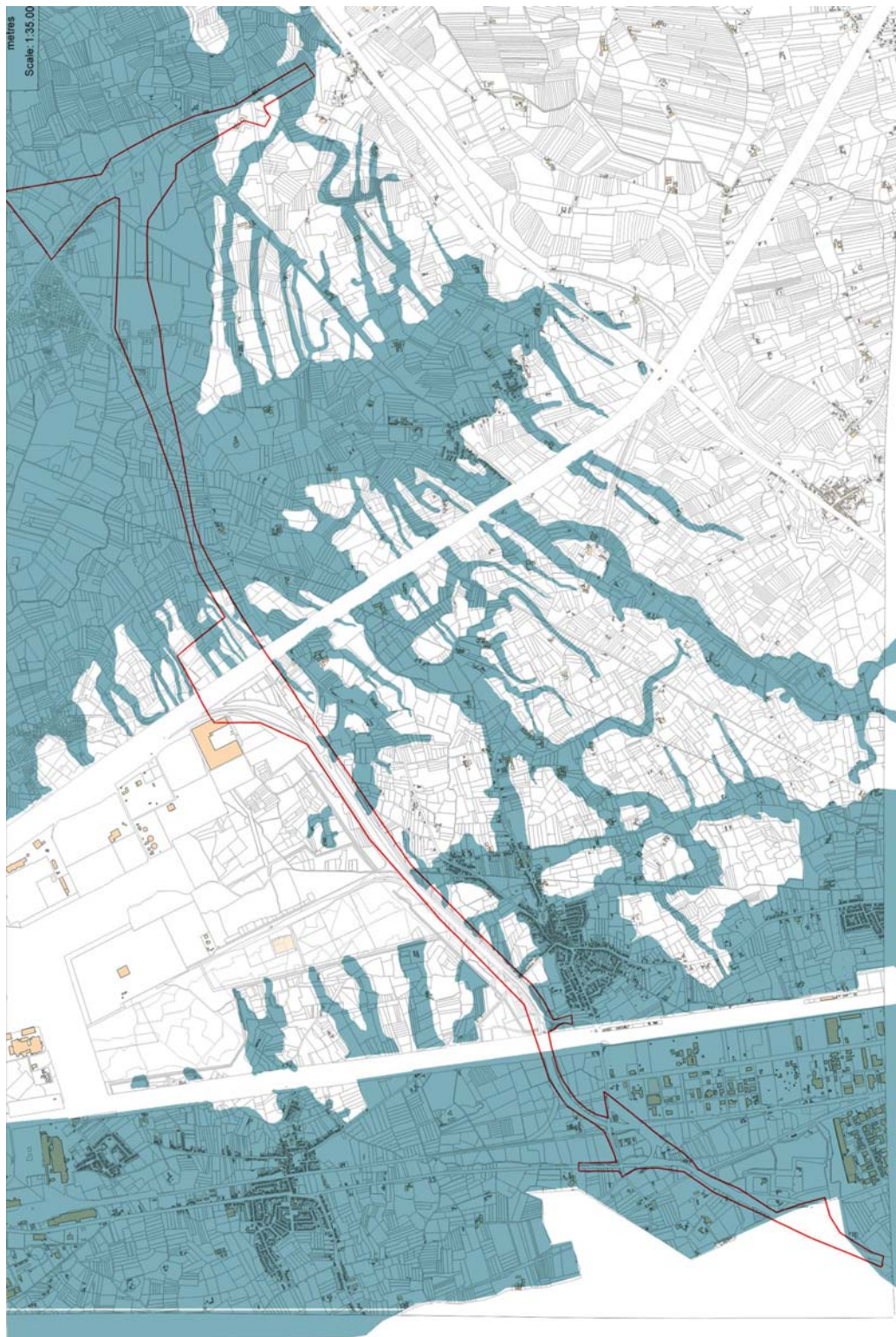
LANGOHR R. & MIKKELSEN J.H., 2011: *Rotselaar, Sportcomplex Ter Heide. Bodemkundig onderzoek van de proefsleuven*, Brussel, 44p

MIKKELSEN Jari Hinsch, DILLEN J., VAN BRAECKEL A., VAN DEN BERGH E., 2009: *Guidelines for Auger descriptions of estuarine tidal mudflats and marshes*, Brussel, 36p

ZANELLA A., JABIOL B., PONGE J.F., SARTORI G., DE WAAL R., VAN DELFT B., GRAEFE U., COOLS N., KATZENSTEINER K., HAGER H. & ENGLISCH M. 2011a (*In press*): A European morpho-functional classification of humus forms, *Geoderma*

ZANELLA A., JABIOL B., PONGE J.F., SARTORI G., DE WAAL R., VAN DELFT B., GRAEFE U., COOLS N., KATZENSTEINER K., HAGER H., ENGLISCH M., BRETHES A., BROLL G., GOBAT J-M., BRUN J-J., MILBERT G., KOLB E., WOLF U., FRIZZERA, L., GALVAN P., KOLI R., BARITZ R., KEMMERS R., VACCA R., SERRA C., BANAS D., GARLATO A., CHERSICH S., KLIMO E. & LANGOHR R. 2011b: *European Humus Forms Reference Base*, Open Source: <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00541496/fr/>

7. Bijlagen



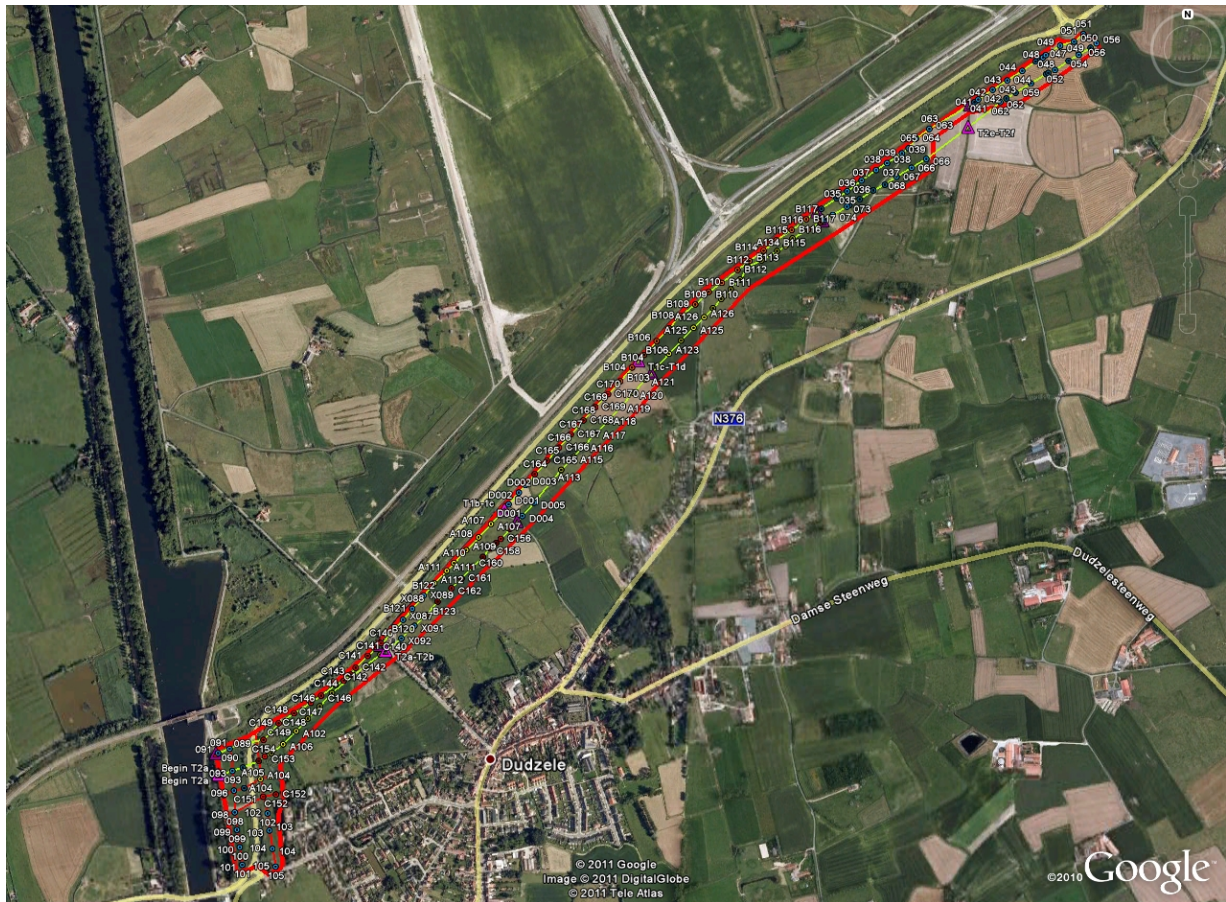
Bijlage 1: De zogenaamde geulenkaart met het traject van de A11



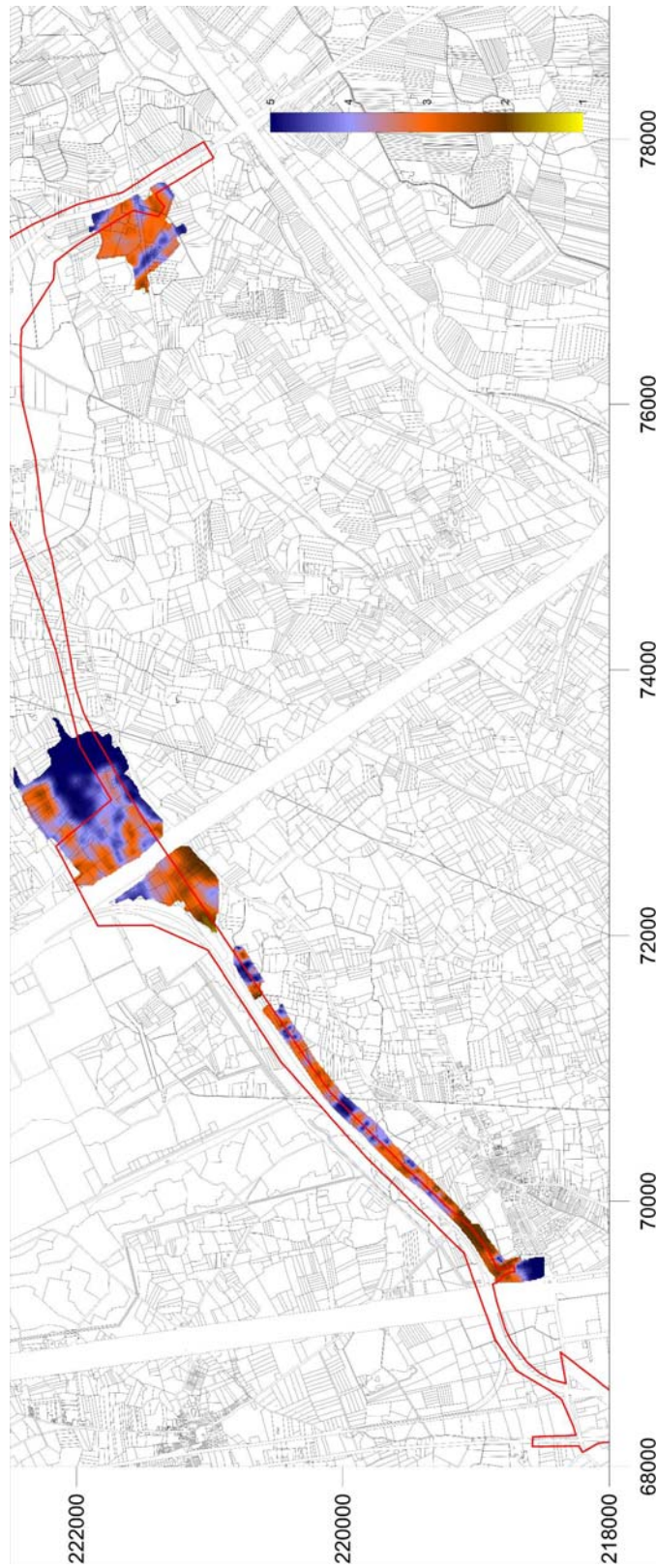
Bijlage 2: Overzicht van de boringen en transecten in zones 1 en 3a



Bijlage 3: Overzicht van de boringen en transecten in zone 2



Bijlage 4: Overzicht van de boringen en transecten in zone 3b



Bijlage 5: Interpretatie van de landschappelijke boringen